

- entific Progress in the Service of Space Access at the Beginning of the Third Millenium. DLR-Lampoldshausen, Germany, March 13-15, 2000.
4. Корлиз Ч., Бозман У. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов. – М.: «Мир», 1968.
  5. Аверенкова Г.И., Ашратов Э.А. Сверхзвуковые струи идеального газа. – М.: Изд-во МГУ, Ч.2, 1971.

## **К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ АОС ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ**

Губанов А.Н., Чемпинский Л.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Актуальность разработки автоматизированных обучающих систем (АОС) по начертательной геометрии обусловлена тем, что современные инструментальные средства машиностроительных САПР всё чаще используют для описания проектируемого изделия его геометрическую модель, на основе которой получают требуемую технологическую и конструкторскую документацию. Соответственно для оперирования геометрической моделью необходимо развитое пространственное воображение. Курс начертательной геометрии является базовым, для развития пространственного воображения. Дополненный современными средствами информационных технологий, классический курс начертательной геометрии даёт мощный инструмент для развития пространственного воображения. Использование АОС позволяет значительно повысить качество обучения за счёт индивидуального подхода к обучению.

Основной недостаток классического курса начертательной геометрии по развитию пространственного воображения связан с отсутствием визуальной трёхмерной модели, соответствующей построениям, выполняемым на плоскостях проекций. Для решения этой проблемы необходимо дополнить классический курс, основанный на трёх проекционных построениях визуальным представлением пространственного макета. Следует отметить, что объёмное изображение должно иметь функцию вращения, позволяющую менять угол зрения на пространственный макет. Иначе, плоская интерпретация пространственной модели не позволяет в должной мере развивать пространственное воображение.

Реализовать пространственную модель и механизм её свободного вращения позволяют средства OpenGL, содержащие основные функции по работе с трёхмерными изображениями. На рис. 1 приведен пример интер-

фейса разработанной АОС, совмещающей на одном экране фронтальную, горизонтальную, профильную плоскости проекций и соответствующий им пространственный макет (программа реализована на Delphi 6.0 с дополнительными компонентами OpenGL).

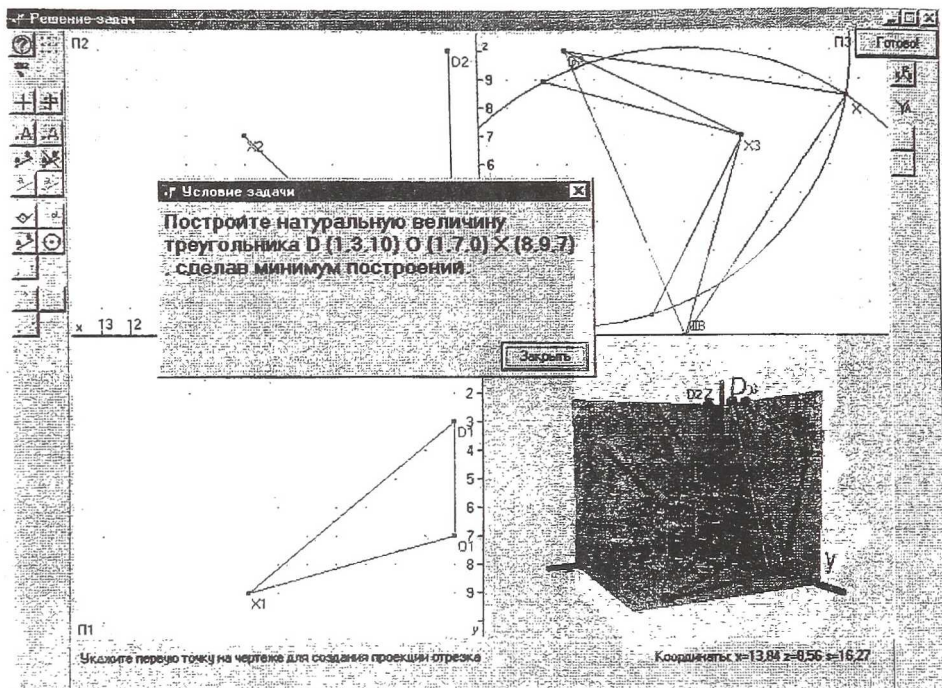


Рис. 1. Пример интерфейса АОС по начертательной геометрии

Для реализации решения задач классического курса начертательной геометрии в АОС использован объектно-ориентированный подход. Построение ведётся на основе графических примитивов, имеющих набор параметров (обозначений, координат). Основным функциональным элементом построения является проекция объекта. Развитие пространственного воображения стимулируется разработанным механизмом реконструкции пространственных объектов по трём их проекциям. Для реконструкции производится анализ массивов графических объектов на предмет наличия трёх проекций одного объекта (с совпадающими обозначениями и координатами). В случае если такой объект найден, он визуализируется на пространственном макете. Следует отметить тот факт, что для реконструкции точки не требуется сложных вычислений, а для реконструкции отрезка требуется определение соответствующих углов поворота относительно двух

любых плоскостей проекций (соответственно для реконструкции плоскости нужно определять три угла поворота, однако в классическом курсе начертательной геометрии плоскость рассматривается косвенно - при помощи точек и отрезков). Реализованный механизм вращения позволяет соотнести реконструированный объект с его проекциями, что значительно способствует развитию пространственного воображения.

Для реализации параметрической постановки условия задачи и автоматизированной оценки правильности её решения используется объектно-ориентированный подход. Все графические элементы, использующиеся при решении задач, сгруппированы в классы, имеющие свой уникальный код, а также наборы координат и обозначений, описывающие их. Объекты, используемые для решения задач по начертательной геометрии, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Графические примитивы - объекты

Название	Код (П1,П2,П3)	Тип	Координаты
Проекция точки	1, 2, 3	точка (A, B...)	x,y
Проекция отрезка	11,12,13	отрезок (AB,...)	x1,y1,x2,y2
Проекция прямой	21,22,23	прямая (a, b...)	x1,y1,x2,y2
Прямой угол	14, 15, 16	доп. объект	x1,y1,x2,y2,x3,y3
Угол	17, 18, 19	доп. объект	x1,y1,x2,y2,x3,y3
Вспом. отрезок	24, 25, 26	доп. объект (AB)	x1,y1,x2,y2
Окружность	4, 5, 6	доп. объект	x0,y0,x1,y1
Перп. прямая	7, 8, 9	вспом. объект	-
Парал. прямая	27, 28, 29	вспом. объект	-
«Невидимый» отр.	31, 32, 33	доп. объект	x1,y1,x2,y2

Решение задач осуществляется в первом актанте размером в 10 координатных единиц. При постановке условия координаты объектов выбираются случайным образом, что позволяет формулировать неповторяющиеся задачи. Это обеспечивает индивидуализацию обучения и повышает качество обучения. При параметрической постановке условия задачи и ограниченной области пространства для её решения возникает вопрос о сходимости. Возникают ситуации, когда задачу невозможно решить на плоскости чертежа. Решение проблемы сходимости может осуществляться за счёт снижения диапазона вариации координат при формулировании условия задачи, вплоть до статических задач в случае плохой сходимости. Следует отметить, что механизм реконструкции пространственных объектов позволяет оценить формируемую задачу для решения в пространстве и сделать вывод о её решаемости в конкретной постановке. Это также способствует развитию пространственного воображения и развивает абстрактное мышление.



Алгоритмическая оценка правильности решения осуществляется на основе сравнения массива построенных элементов с динамически сформированным массивом решения. В эти массивы заносятся данные о последовательности построения объектов, их типе и обозначении. Для элементов, по которым не известна последовательность их построения, порядковый номер устанавливается равным нулю. Следует отметить, что многие задачи допускают ветвление решения. В этом случае массив решения формируется после того, как построение завершено. Для этого анализируется массив построенных элементов, по которому определяется выбранный обучаемым вариант решения задачи.

Графическая оценка правильности производится сравнением массива построенных объектов с эталонным массивом. Эти массивы содержат информацию об обозначениях объектов и описывающих их координатах. В случае неопределённости координат (при ветвлении решения) на этапе проверки алгоритмической правильности эталонный массив дополняется недостающими данными, зависящими от решения, выбранного обучаемым. Отдельно следует отметить вопрос точности графических построений. При решении разнообразных задач курса начертательной геометрии не всегда удаётся построить решение на основе целочисленной координатной сетки (в режиме авто привязки). При использовании дробных координат возникает погрешность построения объекта обучаемым и погрешность дискретизации. При разрешении экрана  $800 \times 600$  точек 10 координатным единицам соответствует 250 точек. Соответственно шаг дискретизации составляет 0,04. Экспериментально установлено, что для объектов первичного построения (на основе элементов, построенных по целочисленным координатам) допустимая погрешность, удобная для работы составляет 5 точек – 0,2 координатных единицы, а для объектов вторичного построения допустимая погрешность составляет 7 точек – 0,3 координатных единицы. Также необходимо отметить, что признаки параллельности или перпендикулярности прямых и отрезков определяются не из сравнения коэффициентов описывающего их линейного уравнения (диапазон изменения коэффициентов от нуля до бесконечности), а из сравнения линейных характеристик. Для этого коэффициент при  $x$  одной прямой умножается на знаменатель коэффициента при  $x$  другой прямой и сравнивается с числителем. Если разница по модулю не превышает допустимую погрешность (0,2 для объектов первичного построения и 0,3 для объектов вторичного построения) то прямые считаются параллельными. Похожим методом определяется перпендикулярность прямых.

С целью повышения эффективности обучения программа для решения практических задач по начертательной геометрии дополнена электронным конспектом и модулем тестирования. Их совокупность образует обу-

чающую систему, структурно-функциональная схема которой приведена на рис. 2.



Рис. 2. Структурно-функциональная схема АОС

Как видно из схемы в АОС реализовано три уровня доступа. Студент имеет доступ к встроенной помощи по программе, электронному конспекту лекций и результатам своей работы (которые при наличии принтера можно распечатать). Студент последовательно решает задачи по 12 практическим занятиям (каждое занятие содержит 5 задач). Перед каждым занятием студент должен пройти тестирование, подтверждающее изучение им лекционного курса заданной темы. В процессе решения, в случае трёх неудачных попыток решения задачи студенту выдаётся подсказка и загружается соответствующий раздел лекционного курса. После пятой неудачной попытки студенту описывается полностью всё решение задачи. Регистрацию в системе студенты осуществляют самостоятельно.

Преподаватель имеет доступ к встроенной помощи по программе, настройкам уровня сложности (числа вопросов, времени для ответов и допустимого числа ошибок для тестирования и набор задач для решения), полной статистике работы всех студентов (или отдельно для одного студента), вопросной базе для тестирования (с возможностью её дополнения и редактирования), информации о паролях студентов. Учётные записи преподавателей в АОС создаёт администратор.

Администратор АОС имеет самые высокие полномочия по доступу к данным. Он может редактировать все таблицы базы данных, настраивать систему, регистрировать преподавателей. Учётные записи администраторов создаются в базе данных при её первичном заполнении.

В базе данных содержится информация о статистике работы студентов, настройках уровня сложности, вопросах для тестирования. Использование СУБД позволяет реализовать быстрый поиск информации, осуществлять её кодирование и резервирование.

Адаптация АОС к дистанционному использованию может осуществляться тремя путями.

1. Использование технологии Citrix Metaframe позволяющей адаптировать любое WIN32 приложение к использованию через WEB-интерфейс при помощи специального клиента ICA. Эта технология позволяет получить доступ с разных платформ (Windows, Linux, Java, Apple), используя минимум передаваемых данных (на сервер идут данные о нажатии кнопок и перемещении мыши, от сервера - картинка).

2. Применение клиент серверной технологии, основанной на СУБД с поддержкой WEB-доступа (как правило, используется MS SQL 2000). В этом случае на удалённом ресурсе хранится только база данных, а интерфейс программы загружается с компьютера пользователя.

3. Использование файл серверной технологии хранения данных. Самый простой и дешёвый вариант. Информация с данными о пользователях, настройки и статистика работы хранятся в виде файлов. Информация в них периодически обновляется. Основные недостатки этого метода – большой объём передаваемых данных, необходимость разработки специальных методов многопользовательского доступа. Достоинства – простота реализации, отсутствие необходимости в лицензионном ПО. Также, используя этот метод можно работать в режиме синхронизации данных, т.е. обновлять информацию по мере надобности, в связи с чем отпадает необходимость в постоянном подключении к сети Интернет.

## **НАПРАВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАГОТОВКИ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБТЯЖКОЙ ОБВОДООБРАЗУЮЩИХ ОБОЛОЧЕК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ**

Михеев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Действительно, значительная разнотолщинность оболочки, получаемой бормообразованием обтяжкой, не наблюдается, если выполняется условие, что изменение поперечной разнотолщинности заготовки меньше некоторой величины. Данное условие можно выразить в эквивалентной квадратичной форме, соответствующей гауссовым параметрам поверхности  $(u, v)$